

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. April 2002 (25.04.2002)

PCT

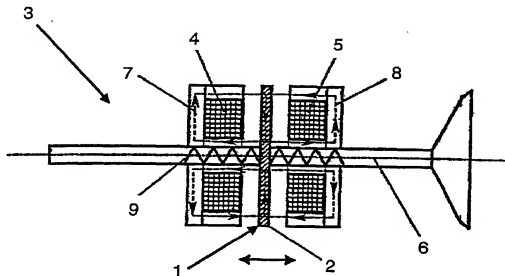
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/33227 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: F01L 9/04, G01D 5/22
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): MICRO-EPSILON MESSTECHNIK GMBH & CO. KG [DE/DE]; Königbacher Strasse 15, 94496 Ortenburg (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/03965
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MEDNIKOV, Felix [RU/DE]; Vorderhainberg 9, 94496 Ortenburg (DE). MEDNIKOV, Stanislav [RU/RU]; Kinitcheskaja 14-21, 443096 Samara (RU). NETSCHAEWSKY, Mark [RU/RU]; Galaktionovskaj 141, Samara, 443011 (RU). SCHALLMOSER, Günter [DE/DE]; St.Vitus-Weg 3, 94099 Ruhstorf (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 22. Oktober 2001 (22.10.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
100 52 278.5 20. Oktober 2000 (20.10.2000) DE
101 41 764.0 29. August 2001 (29.08.2001) DE
- (74) Anwalt: ULLRICH & NAUMANN; Luisenstrasse 14, 69115 Heidelberg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR DETECTING THE POSITION OF AN OBJECT

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR DETEKTION DER POSITION EINES OBJEKTS



(57) Abstract: The invention relates to a device and method for detecting the position of an object (1), especially the armature (2) of a valve (3), e.g. of an inlet and outlet valve, of a fuel injection valve, of a gas exchange valve or of the like. The device comprises at least two coils (4, 5), preferably two magnet coils, to which current can be applied in order to displace the object (1) between the two coils (4, 5). The inventive device is provided with the simplest structure and is further developed for carrying out largely linear and disturbance-free detection of the position of the object (1). To this end, both coils (4, 5), alternately, serve to displace the object (1) between the coils (4, 5) and to detect the position of the object (1).

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Detektion der Position eines Objekts (1), insbesondere des Ankers (2) eines Ventils (3), beispielsweise eines Ein- und Auslassventils, Kraftstoffeinspritzventils, Gaswechselventils oder dergleichen, mit mindestens zwei Spulen (4, 5), vorzugsweise zwei Magnetspulen, die mit Strom beaufschlagbar sind, um das Objekt (1) zwischen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(84) Bestimmungsstaaten (regional): eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

den zwei Spulen (4, 5) zu bewegen, ist im Hinblick auf eine weitgehend lineare und störungsfreie Erfassung der Position des Objekts (1) bei einfachster Konstruktion derart ausgestaltet und weitergebildet, dass die beiden Spulen (4, 5) -wechselweise- zum Bewegen des Objekts (1) zwischen den Spulen (4, 5) und zur Detektion der Position des Objekts (1) dienen.

"Vorrichtung und Verfahren zur Detektion der Position eines Objekts"

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Detektion der Position eines Objekts, insbesondere des Ankers eines Ventils, beispielsweise eines Ein- und Auslassventils, Kraftstoffeinspritzventils, Gaswechselventils oder dergleichen, mit mindestens zwei Spulen, vorzugsweise zwei Magnetspulen, die mit Strom beaufschlagbar sind, um das Objekt zwischen den zwei Spulen zu bewegen.

Vorrichtungen und Verfahren zur Detektion der Position eines Objekts sind in der Praxis seit langem bekannt. Lediglich beispielhaft wird auf die DE 197 35 375 C1 verwiesen, aus der eine Vorrichtung zur Detektion der Position eines Objekts, nämlich eines Ankers eines Ventils, bekannt ist. Die bekannte Vorrichtung umfasst ein Piezoelement zur Detektion der Position des Ankers des Ventils, wobei das Ventil zwei Magnetspulen aufweist, die mit Strom beaufschlagbar sind, um das Objekt zwischen den beiden Spulen zu bewegen. Die Detektion der Position des Objekts – nämlich des Ankers – erfolgt hierbei indirekt über die Messung der Federkraft von zwei Federn, die den Anker in einer Mittelstellung zwischen den beiden Endpositionen halten, wenn die Spulen stromlos sind. Mittels des Piezoelements kann also aufgrund der Federkraft die Geschwindigkeit des Ankers bestimmt werden, um mit dem vom Piezoelement erzeugten Signal die Schaltung zum Ansteuern des Magnetantriebs so zu regeln, dass eine minimale Auftreffgeschwindigkeit des Ankers in der Endstellung erreicht ist. Idealisiert weisen die Federn eine lineare Kennlinie auf, so dass sich die Federkraft für diesen vereinfachten Fall linear proportional zur Stellung des Ankers ändert.

Die bekannte Vorrichtung ist besonders dahingehend problematisch, dass mittels des Piezoelements lediglich die Endpositionen des Ankers feststellbar sind. Andere Positionen des Ankers lassen sich nur indirekt über die Kennlinie der Fe-

dern berechnen. Dies führt zu erhöhten Fehlern bei der Detektion der Position des Ankers.

Aus der DE 198 56 528 A1 ist zudem für sich gesehen ein Ventilhubsensor bekannt, der zwei Stratokörper aufweist. Die Stratokörper sind hierbei in einem Abstand, wobei ein Zwischenraum bildet wird, angeordnet. In diesem Zwischenraum ist ein Hallsensor angeordnet. Ein als Sensorelement ausgestaltetes Objekt ist mit einem Magnetelement versehen und gegenüber dem Hallsensor verschiebbar angeordnet. Der Hallsensor arbeitet hierbei berührungslos. Bei der aus der DE 198 56 528 A1 bekannten Vorrichtung ist insbesondere problematisch, dass Temperaturänderungen am Hallsensor nicht kompensiert werden. Zudem wirkt sich das nichtlineare Ausgangssignal nachteilig auf die Detektion der Position des Objekts aus. Ferner sind für sich gesehen noch die Queranker-Bauform für Sensoren sowie eine Detektion durch Strom- oder Induktivitätsmessung über dieselbe Spule bekannt.

Der vorliegenden Erfindung liegt nunmehr die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Detektion der Position eines Objekts der eingangs genannten Art anzugeben, bei der bzw. dem die Position des Objekts bei einfachster Konstruktion weitgehend linear und störungsfrei erfassbar ist.

Erfindungsgemäß wird die voranstehende Aufgabe durch die Vorrichtung und das Verfahren zur Detektion der Position eines Objekts mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bzw. 27 gelöst. Danach ist die in Rede stehende Vorrichtung und das in Rede stehende Verfahren zur Detektion der Position eines Objekts derart ausgestaltet und weitergebildet, dass die beiden Spulen – wechselweise – zum Bewegen des Objekts zwischen den Spulen und zur Detektion der Position des Objekts dienen.

In erfindungsgemäßer Weise ist zunächst erkannt worden, dass zusätzliche Mittel, wie beispielsweise Piezoelemente, zur Detektion der Position eines Objekts nur unzureichend geeignet sind, um die Position eines Objekts zu detektieren. In weiter erfindungsgemäßer Weise ist erkannt worden, dass man in Abkehr zu der

bisherigen Praxis – nämlich zusätzliche Mittel einzusetzen – eine Detektion der Position des Objekts einzig und allein mittels der beiden Spulen erreichen kann. Dies wird in technischer Hinsicht überraschend einfach dadurch realisiert, dass die beiden Spulen, die üblicherweise einzig und allein zum Bewegen des Objekts zwischen den Spulen dienen, nun – wechselweise – sowohl zum Bewegen des Objekts zwischen den Spulen und zur Detektion der Position des Objekts dienen. Dies ist beispielsweise dadurch erreicht, dass während die eine Spule zum Bewegen des Objekts verwendet wird, die andere zur Detektion der Position des Objekts gebraucht wird, nämlich als eine Art Wirbelstromsensor.

Im Rahmen einer besonders einfachen Ausgestaltung könnte das Objekt an einem Schaft angeordnet sein. Insbesondere wenn es sich bei dem Objekt um den Anker eines Ventils handelt, wäre eine besonders gleichförmige Bewegung des Objekts gewährleistet.

Im Hinblick auf eine besonders robuste und funktionelle Ausgestaltung könnten die Spulen in mindestens einem Körper angeordnet sein. In besonders vorteilhafter Weise könnte der Körper hierbei ferromagnetisch sein.

Hinsichtlich einer besonders funktionellen Ausgestaltung könnte das Objekt zwischen zwei Endpositionen bewegbar sein. Das Objekt könnte hierbei mittels mindestens einer Feder in einer Position, insbesondere einer Endposition des Ventils, gehalten sein. Für den Fall dass es sich bei dem Objekt um den Anker eines Ventils handelt, könnte die Position, in welcher das Objekt mittels der Feder gehalten wird, in besonders vorteilhafter Weise die Schließstellung des Ventils sein. Es wäre allerdings auch denkbar, dass das Objekt mittels zweier Federn in jeder beliebigen Position gehalten wird.

In weiter vorteilhafter Weise könnte mindestens eine Spule in mindestens zwei Sektionen unterteilt sein. Hierbei könnte die erste Sektion näher am Objekt angeordnet sein als die zweite Sektion. Zusätzlich oder alternativ könnte der Abstand zwischen der zweiten Sektion und dem Objekt größer sein als die Hälfte des Durchmessers der Spule.

Vorzugsweise könnte zudem die Impedanz der ersten Sektion größer, insbesondere ca. drei- bis fünfmal größer, sein als die Impedanz der zweiten Sektion. Bei einer solchen Ausgestaltung würde durch die Bewegung des Objekts im Wesentlichen nur die Impedanz der ersten Sektion beeinflusst, wobei die Impedanz der zweiten Sektion von der Position des Objekts weitestgehend unabhängig ist.

Im Rahmen einer besonders einfachen Ausgestaltung könnte die Spule oder könnten die Spulen jeweils mindestens zwei Anschlusspunkte und mindestens einen Abgriff aufweisen. Dabei könnten die Anschlusspunkte und der Abgriff am Ende der Sektionen angeordnet sein. Somit wäre die Bestromung und die Messung der Impedanz der jeweiligen Sektion besonders einfach ausgestaltet.

In besonders vorteilhafter Weise könnte die Güte der beiden Sektionen der Spule gleich sein, wenn sich das Objekt in einer Endposition befindet. In besonders einfacher Weise könnte die Anpassung der Güte dabei durch die Anpassung des Verhältnisses der Anzahl der Windungen der ersten und der zweiten Sektion erreicht sein.

Im Hinblick auf eine besonders einfache Schaltung könnte mindestens eine der Spulen mit mindestens einem Operationsverstärker einen Spannungs-Strom-Wandler bilden. Die erste Sektion der Spule könnte dann von dem Spannungs-Strom-Wandler gespeist werden, wobei der Strom von der Impedanz der zweiten Sektion abhängig wäre.

Der Abgriff zwischen der ersten und zweiten Sektion könnte hierbei mit dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers verbunden sein. Der nichtinvertierende Eingang des Operationsverstärkers könnte zudem mit einem Multiplexer verbunden sein. Mittels des Multiplexers könnte eine Spannung U_{in} erzeugt werden, die beispielsweise eine Rechteckspannung sein könnte.

In besonders vorteilhafter Weise könnte der Multiplexer mittels eines Mikrorechners oder eines Quarzoszillators steuerbar sein. Die Frequenz des Mikrorech-

ners oder des Quarzoszillators könnte hierbei sehr viel größer sein, beispielsweise 50 kHz bis 250 kHz, als die Frequenz des Stroms, mit der die Spule zur Bewegung des Objekts angesteuert ist.

Im Hinblick auf eine besonders einfache Ausgestaltung könnte der Spannungsabfall an der ersten Sektion mittels eines Instrumentalverstärkers erfassbar sein, wobei der Zusammenhang

$$U_v = K \cdot U_{in} \cdot \left| \frac{Z_{s1}}{Z_{s2}} \right| \cdot e^{\gamma x}$$

besteht. Hierbei ist U_{in} die Spannung am nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers, Z_{s1} die Impedanz der ersten Sektion, wenn sich das Objekt in der Endposition befindet, in welcher der Abstand zwischen der Spule und dem Objekt minimal ist, Z_{s2} die Impedanz der zweiten Sektion, die im Wesentlichen unabhängig vom Abstand des Objekts zu der Spule ist, K der Verstärkungsfaktor des Instrumentalverstärkers und γ ein Koeffizient ist, der von der Geometrie der Spule abhängig ist. Die Spannung am Ausgang des Instrumentalverstärkers U_v ist somit vom Verhältnis der Impedanzen Z_{s1} und Z_{s2} der ersten und zweiten Sektion abhängig.

Der Ausgang des Instrumentalverstärkers könnte mit dem Eingang eines Differentiators verbunden sein. Der Ausgang des Differentiators könnte dann die Spannung

$$U_s = K \cdot \left[U_{in} \cdot \frac{Z_{s1}}{Z_{s2}} \right] \cdot e^{\gamma x} \cdot e^{-t/\tau}$$

aufweisen, wobei τ die Zeitkonstante des Differentiators ist.

Der Ausgang des Differentiators könnte mit einem Komparator verbunden sein. Die Ausgangsspannung des Differentiators U_s könnte dann mittels des Komparators mit einer konstanten Spannung U_0 vergleichbar sein. Am Ausgang des Komparators könnte somit ein pulswidenmoduliertes Signal erzeugbar sein, wenn der Multiplexer mittels des Mikrorechners oder des Quarzoszillators gesteuert ist.

Alternativ könnte der Ausgang des Komparators mit einem insbesondere monostabilen Multivibrator verbunden sein. Mittels des Ausgangssignals des Multivibrators könnte sodann der Multiplexer steuerbar sein. In diesem Falle würde die Vorrichtung wie ein freischwinger Oszillator mit einer Periode $T = t_x + \Delta t$ arbeiten, wobei Δt die Zeitkonstante des Monoflops ist.

In besonders einfacher Weise könnte sodann mittels einer Auswerteschaltung die Position des Objekts ermittelbar sein. Diese Auswerteschaltung könnte hierbei in jedweder Form realisiert sein.

Erfindungsgemäß wird die obige Aufgabe auch durch das Verfahren zur Detektion der Position eines Objekts mit den Merkmalen des Patentanspruchs 27 gelöst. Danach ist das in Rede stehende Verfahren zur Detektion der Position eines Objekts derart ausgestaltet und weitergebildet, dass die beiden Spulen – wechselweise – zum Bewegen des Objekts zwischen den Spulen und zur Detektion der Position des Objekts dienen.

Im Hinblick auf eine besonders zuverlässige Detektion der Position des Objekts könnte die zur Detektion verwendete Spule mit hochfrequentem Strom, vorzugsweise kleiner Amplitude, gespeist werden. Die Impedanz der zur Detektion des Objekts verwendeten Spule würde dann exponentiell vom Abstand des Objekts abhängen. Die zur Detektion verwendete Spule würde somit nach dem Wirbelstromprinzip arbeiten, wobei es möglich ist, die Position des Objekts linear und gleichzeitig temperaturstabil und unabhängig von Schwankungen der Versorgungsspannung zu ermitteln. Eine Temperaturkompensation könnte hierbei zudem auf unterschiedliche Weise realisiert werden, beispielsweise mittels der Anordnung einer Kompensationsspule.

Mindestens eine Spule könnte mit mindestens einem Operationsverstärker einen Spannungs-Strom-Wandler bilden.

Im Rahmen einer besonders funktionellen Ausgestaltung könnte mindestens eine Spule in mindestens zwei Sektionen unterteilt sein, wobei die erste Sektion dabei näher am Objekt angeordnet sein könnte als eine zweite Sektion, so dass die Position des Objekts durch die Änderung der Impedanz der ersten Sektion bestimmt werden könnte. Das Wirkungsprinzip beruht somit auf dem Effekt der Entmagnetisierungswirkung von Wirbelströmen, die durch das elektromagnetische Feld der Spule in dem Objekt induziert werden. Im Ergebnis verändert sich die Impedanz der ersten Sektion der Spule mit der Bewegung des Objekts beträchtlich, wobei sich zur gleichen Zeit die Impedanz der zweiten Sektion in Bezug auf die Lage des Objekts verhältnismäßig wenig ändert, weil sie entfernt genug vom Objekt angeordnet ist. Die erste Sektion der Spule könnte hierbei durch eine Stromquelle, nämlich den mittels der Spule und dem Operationsverstärker gebildeten Spannungs-Strom-Wandler, gespeist werden, wobei der Strom dann von der Impedanz der zweiten Sektion abhängig wäre.

Der Spannungsabfall an der ersten Sektion könnte mittels eines Instrumentalverstärkers erfasst werden, wobei der Zusammenhang

$$U_s = U_0 = K \cdot \left[U_{in} \cdot \left| \frac{Z_{s1}}{Z_{s2}} \right| \right] \cdot e^{\gamma x} \cdot e^{-t_0(x)/k}$$

besteht.

Der Ausgang des Instrumentalverstärkers könnte dann mit dem Eingang eines Differentiators verbunden sein. Am Ausgang des Differentiators würde somit die Spannung

$$U_s = K \cdot \left[U_{in} \cdot \left| \frac{Z_{s1}}{Z_{s2}} \right| \right] \cdot e^{\gamma x} \cdot e^{-t_0(x)/\tau}$$

anliegen, wobei τ die Zeitkonstante des Differentiators ist.

Der Ausgang des Differentiators könnte sodann mit einem Komparator verbunden sein, so dass die Spannung am Ausgang des Differentiators mittels des Komparators mit einer konstanten Spannung U_0 verglichen wird.

$$U_s = U_0 = K \cdot \left[U_{in} \cdot \left| \frac{Z_{s1}}{Z_{s2}} \right| \right] \cdot e^{\gamma x} \cdot e^{-t_0(x)/\tau}$$

Am Ausgang des Komparators liegen nur Signale der Zeitdauer $t_0(x)$ für bestimmte Positionen des Objekts an. Die Zeit ist somit proportional zur Position des Objekts und zwar

$$t_0(x) = \tau \cdot \ln \left[K \cdot \frac{U_{in}}{U_0} \cdot \frac{Z_{s1}}{Z_{s2}} \right] + \gamma x .$$

Mittels der Änderung der konstanten Spannung und/oder der Zeitkonstanten könnten dann die Werte der Zeit geregelt werden.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die den Patentansprüchen 1 und 27 nachgeordneten Patentansprüche und andererseits auf die nachfolgende Erläuterung bevorzugter Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Detektion der Position eines Objekts anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Detektion der Position eines Objekts anhand der Zeichnung werden auch im Allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigt

- Fig.1 in einer schematischen Darstellung, ein Ausführungsbeispiel eines Teils einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Detektion der Position eines Objekts, nämlich den Teil eines Ventils,
- Fig. 2 in einer schematischen Darstellung, einen Ausschnitt der Spulen des Ventils der Fig. 1,
- Fig. 3 in einer schematischen Darstellung, einen Schaltplan einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

- Fig. 4 in einer schematischen Darstellung, den Zeitverlauf der Spannungen für verschiedene Positionen des Objekts bei einer ersten Ausführungsform und
- Fig. 5 in einer schematischen Darstellung, den Zeitverlauf der Spannungen für verschiedene Positionen des Objekts bei einer zweiten Ausführungsform.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Teils einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Detektion der Position eines Objekts 1, nämlich den Anker 2 eines Ventils 3. Das Ventil 3 umfasst zwei Spulen 4, 5, in diesem Fall Magnetspulen, die mit Strom beaufschlagbar sind, um den Anker 2 zwischen den Spulen 4 und 5 zu bewegen.

In erfindungsgemäßer Weise dienen die beiden Spulen 4, 5 – wechselweise – zum Bewegen des Ankers 2 zwischen Spulen 4, 5 und zur Detektion der Position des Ankers 2.

Der Anker 2 ist an einem Schaft 6 und die Spulen 4, 5 sind in zwei ferromagnetischen Körpern 7, 8 angeordnet. Der Anker 2 ist mittels der beiden Spulen 4, 5 zwischen zwei Endpositionen, nämlich der geöffneten und der geschlossenen Stellung des Ventils, bewegbar und wird mittels einer Feder 9 in der Position gehalten, in der das Ventil 3 geschlossen ist. Die beiden Spulen 4, 5 werden wechselweise bestromt, um den Anker 2 zwischen den Spulen 3, 5 zu bewegen und das Ventil 3 somit zu öffnen und zu schließen.

Zusätzlich wird, wenn die Spule 4 zur Bewegung des Ankers 2 bestromt wird, die Spule 5 zur Bestimmung der Position des Ankers 2 verwendet und umgekehrt. Wenn der Anker 2 sich in der jeweiligen Endposition befindet und der Haltestrom in der jeweiligen Spule 4, 5 abgeschaltet wird, so dass der Anker 2 von der sich entspannenden Feder 9 in Richtung auf die andere Endstellung in Bewegung gesetzt wird, wird die Spule 4, 5 mit hochfrequentem Strom gespeist.

Die Spulen 4, 5 sind in jeweils zwei Sektionen 10, 11, 10', 11' - wie in Fig. 2 dargestellt - unterteilt. Die erste Sektion 10, 10' ist hierbei näher am Anker 2 angeordnet als die zweite Sektion 11, 11'. Damit die zweite Sektion 11, 11' zusätzlich noch unabhängiger von der Position des Ankers 2 ist, ist der Abstand zwischen der zweiten Sektion 11, 11' und dem Anker 2 größer als die Hälfte des Durchmessers der Spulen 4, 5. Zudem ist die Impedanz der ersten Sektion 10, 10' größer, in diesem Fall ca. 4 mal größer, als die Impedanz der zweiten Sektion 11, 11' gewählt.

Die Spulen 4, 5 weisen jeweils zwei Anschlusspunkte 12, 12', 13, 13' und einen Abgriff 14, 14' auf, die an den jeweiligen Endpunkten der Sektionen 10, 11, 10', 11' angeordnet sind.

Zur Ermittlung der Position eines zwischen den Spulen 4, 5 bewegten Ankers 2 weist die Schaltung, wie in Fig. 3 gezeigt, einen Spannungsteiler aus drei Widerständen R1, R2 und R3 auf, wobei der Spannungsteiler von einer Spannungsquelle U_{∞} gespeist wird.

Mit Hilfe eines Operationsverstärkers 15 und dem als Potentiometer ausgeführten Widerstand R2 wird eine Referenzspannung U_0 erzeugt. Zwischen den Widerständen R1 und R2 wird die Spannung U_{in} abgegriffen, die zum Eingang eines Multiplexers 16 geführt wird, dessen zweiter Eingang mit Masse verbunden ist.

Der Ausgang des Multiplexers 16 ist mit einem Spannungs-Strom-Wandler verbunden, der die Spulen 4, 5 und einen Operationsverstärker 17 umfasst. Der Ausgang des Multiplexers 16 ist dabei mit dem nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers 17 verbunden, wobei der invertierende Eingang des Operationsverstärkers 17 mit dem Abgriff 14 der Spule 4 verbunden ist, dessen Anschlusspunkt 12' mit dem Ausgang des Operationsverstärkers 17 und dessen Anschlusspunkt 13 mit Masse verbunden ist.

Der Spannungsabfall zwischen dem Anschlusspunkt 12 und dem Abgriff 14 der Spule 4 wird mittels eines Instrumentalverstärkers 18 abgegriffen und über eine Kapazität – hier nicht dargestellt – mit dem invertierenden Eingang eines Differentiators 19 verbunden, wobei der Ausgang des Instrumentalverstärkers 18 über einen Widerstand – hier nicht dargestellt – mit dem invertierenden Eingang des Differentiators 19 verbunden ist.

Der Ausgang des Differentiators 19, an dem die Spannung U_s liegt, ist mit dem nichtinvertierenden Eingang eines Komparators 20 verbunden, dessen invertierender Eingang mit dem Ausgang des Operationsverstärkers 15 verbunden ist, wobei die Referenzspannung U_0 anliegt. Der Ausgang des Komparators 20 ist mit dem Eingang eines Schmitt-Triggers 21 verbunden, an dessen Ausgang ein Zeitintervall erzeugt wird, das proportional zu der Position des Ankers 2 ist.

Bei einer anderen ebenfalls in Fig. 3 in dargestellten Ausführungsform wird der Ausgang des Komparators 20 über einen Monoflop-Multivibrator 22 mit dem Steuereingang des Multiplexers 16 verbunden. Der Steuereingang des Multiplexers 16 wird mit einem Rechteckoszillator, in diesem Fall einem Mikrorechner 23, verbunden. Der Mikrorechner 23 steuert den Multiplexer 16 dabei mit einem Rechtecksignal mit der Frequenz f_0 an, wobei in der ersten Halbperiode des Rechtecksignals ein Eingang des Multiplexers 16 mit dem aus den Widerständen R1, R2 und R3 gebildeten Spannungsteiler verbunden ist und in der zweiten Halbperiode des Rechtecksignals derselbe Eingang des Multiplexers 16 mit Masse verbunden ist. Die Frequenz f_0 beträgt hierbei einen Wert von ca. 50 bis 250 kHz. Bei einer zweiten Ausführungsform ist der Steuereingang des Multiplexers 16 mit dem Ausgang des monostabilen Multivibrators 22 verbunden.

Fig. 4 zeigt die Abhängigkeit der Spannung U_s am Ausgang des Operationsverstärkers 19 von der Zeit t für drei unterschiedliche Positionen des Ankers x_1 , x_2 , x_3 . Die Spannung U_s wird mittels des Komparators 20 mit der Spannung U_0 verglichen. Am Ausgang des Komparators 20 liegen Signale mit der Zeitdauer $t_0(x_1)$, $t_0(x_2)$ und $t_0(x_3)$ – jeweils dargestellt in Fig. 4b, Fig. 4c und Fig. 4d – für die drei verschiedenen Positionen des Ankers 2 an. Durch die konstante Frequenz f_0 der

Speisespannung wird durch die vom Abstand abhängige Zeitdauer $t_0(x)$ ein Signal mit Pulsweitenmodulation erzeugt.

Fig. 5 zeigt die Abhängigkeit der Spannung U_s von der Zeit für eine Position x_1 des Ankers 2 bei der zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Wenn die Spannung U_s mit der Referenzspannung U_0 gleich ist, entsteht am Ausgang des Komparators 20 ein Signal U_K mit der Zeitdauer $t_0(x_1)$.

Mit fallender Flanke der Spannung U_K wird der monostabile Multivibrator 22 gesteuert, der nach der konstanten Zeit Δt umschaltet. Zu dieser Zeit wird die Speisung der Spule 4, bzw. 5 unterbrochen und dann mittels des Multiplexers 16 wieder eingeschaltet. Diese erfindungsgemäße Ausführungsform bietet den Vorteil einer hohen Messgeschwindigkeit, da die Anordnung wie ein freischwinger Oszillator arbeitet und nicht an eine fest vorgebbare Frequenz f_0 gebunden ist. Als Ausgangssignal steht somit ein reines Zeitintervall $T = t_x + \Delta t$, womit eine Frequenzmodulation erreicht ist.

Hinsichtlich weiterer Details wird zur Vermeidung von Wiederholungen auf die allgemeine Beschreibung verwiesen.

Schließlich sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die voranstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele lediglich der Erörterung der beanspruchten Lehre dienen, diese jedoch nicht auf das Ausführungsbeispiel einschränken.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Detektion der Position eines Objekts (1), insbesondere des Ankers (2) eines Ventils (3), beispielsweise eines Ein- und Auslassventils, Kraftstoffeinspritzventils, Gaswechselventils oder dergleichen, mit mindestens zwei Spulen (4, 5), vorzugsweise zwei Magnetspulen, die mit Strom beaufschlagbar sind, um das Objekt (1) zwischen den zwei Spulen (4, 5) zu bewegen, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Spulen (4, 5) – wechselweise – zum Bewegen des Objekts (1) zwischen den Spulen (4, 5) und zur Detektion der Position des Objekts (1) dienen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt (1) an einem Schaft (6) angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulen (4, 5) in mindestens einem Körper (7, 8) angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die Körper (7, 8) ferromagnetisch ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dass das Objekt (1) zwischen zwei Endpositionen bewegbar ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt (1) mittels mindestens einer Feder (9) in einer Position, insbesondere einer Endposition des Ventils (3), gehalten ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Spule (4, 5) in mindestens zwei Sektionen (10, 11, 10', 11') unterteilt ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Sektion (10, 10') näher am Objekt (1) angeordnet ist als die zweite Sektion (11, 11').
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen der zweiten Sektion (11, 11') und dem Objekt (1) größer als die Hälfte des Durchmessers der Spule (4, 5) ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Impedanz der ersten Sektion (10, 10') größer, insbesondere ca. drei- bis fünfmal größer, ist als die Impedanz der zweiten Sektion (11, 11').
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Spule (4, 5) mindestens zwei Anschlusspunkte (12, 12', 13, 13') und mindestens einen Abgriff (14, 14'), vorzugsweise an den jeweiligen Endpunkten der Sektionen (10, 11, 10', 11'), aufweist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Güte der beiden Sektionen (10, 11, 10', 11') der Spule (4, 5) gleich ist, wenn sich das Objekt (1) in der Endposition befindet.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Anpassung der Güte durch die Anpassung des Verhältnisses der Anzahl der Windungen der ersten (10, 11) und zweiten Sektion (10', 11') erreicht ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Spulen (4, 5) mit mindestens einem Operationsverstärker (17) einen Spannungs-Strom-Wandler bildet.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14 und Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgriff (14, 14') zwischen der ersten (10, 10') und zweiten Sektion (11, 11') mit dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers (17) verbunden ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein Multiplexer (16) mit dem nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers (17) verbunden ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Multiplexer (16) mittels eines Mikrorechners (23) oder eines Quarzoszillators steuerbar ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz des Mikrorechners oder Quarzoszillators sehr viel größer ist als die Frequenz des Stroms, mit der die Spule (4, 5) zur Bewegung des Objekts (1) angesteuert ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Spannungsabfall an der ersten Sektion (10, 10') mittels eines Instrumentalverstärkers (18) erfassbar ist, wobei ein Zusammenhang

$$U_V = K \cdot U_{in} \cdot \left| \frac{Z_{s1}}{Z_{s2}} \right| \cdot e^{\gamma x}$$

besteht.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang des Instrumentalverstärkers (18) mit dem Eingang eines Differentiators (19) verbunden ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang des Differentiators (19) die Spannung

$$U_s = K \cdot \left[U_{in} \cdot \frac{Z_{s1}}{Z_{s2}} \right] \cdot e^{\gamma x} \cdot e^{-\ln(x)/\tau}$$

aufweist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang des Differentiators (19) mit einem Komparator (20) verbunden ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass am Ausgang des Komparators (20) ein plusweitenmoduliertes Signal erzeugbar ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang des Komparators (20) mit einem insbesondere monostabilen Multivibrator (22) verbunden ist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 16 und 24, dadurch gekennzeichnet, dass mittels Ausgangssignals des Multivibrators (22) der Multiplexer (16) steuerbar ist.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer Auswerteschaltung die Position des Objekts (1) ermittelbar ist.

27. Verfahren zur Detektion der Position eines Objekts (1), insbesondere des Ankers (2) eines Ventils (3), beispielsweise eines Ein- und Auslassventils, Kraftstoffeinspritzventils, Gaswechselventils oder dergleichen, vorzugsweise mittels einer Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 26, mit mindestens zwei Spulen (4, 5), vorzugsweise zwei Magnetspulen, die mit Strom beaufschlagbar sind, um das Objekt (1) zwischen den zwei Spulen (4, 5) zu bewegen, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Spulen (4, 5) – wechselweise – zum Bewegen des Objekts (1) zwischen den Spulen (4, 5) und zur Detektion der Position des Objekts (1) dienen.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Detektion der Position des Objekts (1) verwendete Spule (4, 5) mit hochfrequentem Strom, vorzugsweise kleiner Amplitude, gespeist wird.

29. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Impedanz der zur Detektion des Objekts (1) verwendeten Spule (4, 5) exponentiell vom Abstand des Objekts (1) abhängt.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 29, dadurch gekennzeichnet,

dass die Spule (4, 5) mit einem Operationsverstärker (17) einen Spannungs-Strom-Wandler bildet.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 30, wobei die Spulen (4, 5) in mindestens zwei Sektionen (10, 11, 10', 11') unterteilt sind und wobei die erste Sektion (10, 10') näher am Objekt angeordnet ist als die zweite Sektion (11, 11'), dadurch gekennzeichnet, dass die Position des Objekts (1) durch die Änderung der Impedanz der ersten Sektion (10, 10') bestimmt wird.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Impedanz der zweiten Sektion (11, 11') der Spule (4, 5) im Wesentlichen von der Änderung der Position des Objekts (1) unabhängig ist.

33. Verfahren nach Anspruch 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Sektion (10, 10') durch eine Stromquelle gespeist wird.

34. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass der in der ersten Sektion (10, 10') fließende Strom von der zweiten Sektion (11, 11') abhängig ist.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass der Spannungsabfall (U_v) an der ersten Sektion (10, 10') mittels eines Instrumentalverstärkers (18) erfasst wird, wobei ein Zusammenhang

$$U_v = K \cdot U_{in} \cdot \left| \frac{Z_{s1}}{Z_{s2}} \right| \cdot e^{\gamma x}$$

besteht.

36. Verfahren nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang des Instrumentalverstärkers (18) mit dem Eingang eines Differentiators (19) verbunden ist.

37. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass am Ausgang

des Differentiators (19) die Spannung

$$U_s = K \cdot \left[U_{in} \cdot \frac{Z_{s1}}{Z_{s2}} \right] \cdot e^{\gamma x} \cdot e^{-t_0(x)/\tau}$$

anliegt.

38. Verfahren nach Anspruch 37, wobei der Ausgang des Differentiators (19) mit einem Komparator (20) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung am Ausgang des Differentiators (19) mittels des Komparators (20) mit

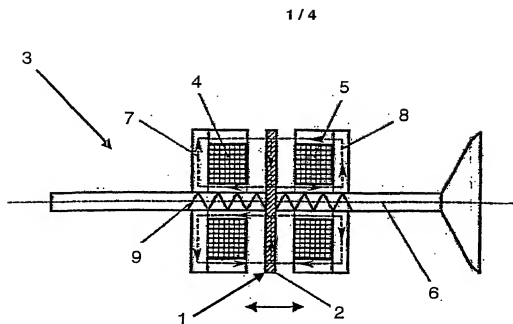
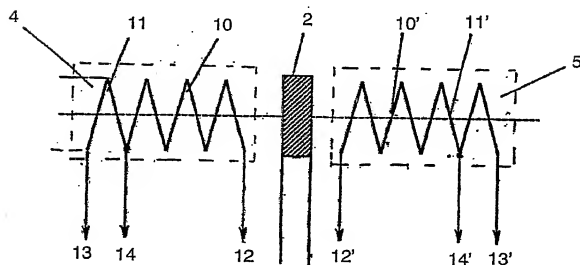
$$U_s = U_0 = K \cdot \left[U_{in} \cdot \frac{Z_{s1}}{Z_{s2}} \right] \cdot e^{\gamma x} \cdot e^{-t_0(x)/\tau}$$

einer konstanten Spannung (U_0) verglichen wird.

39. Verfahren nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeit ($t_0(x)$) proportional zur Position des Objekts (1) ist.

$$t_0(x) = \tau \cdot \ln \left[K \cdot \frac{U_{in}}{U_0} \cdot \frac{Z_{s1}}{Z_{s2}} \right] + \gamma x$$

40. Verfahren nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Änderung der konstanten Spannung (U_0) und/oder der Zeitkonstanten τ die Werte der Zeit ($t_0(x)$) geregelt wird.

**Fig. 1****Fig. 2**

2 / 4

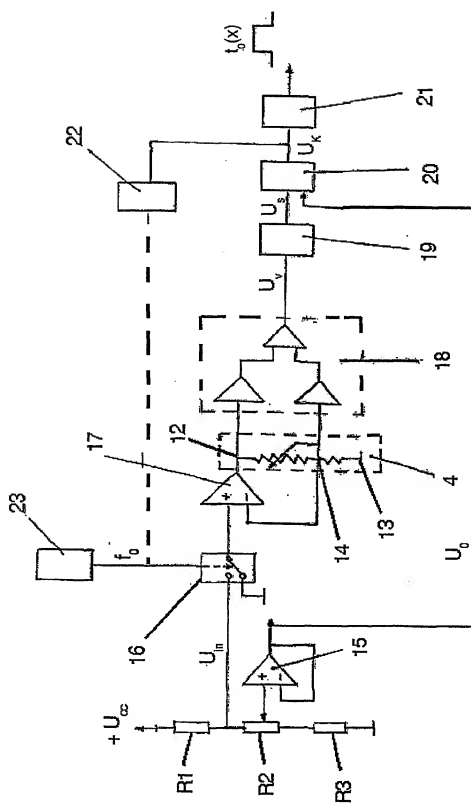


Fig. 3

3 / 4

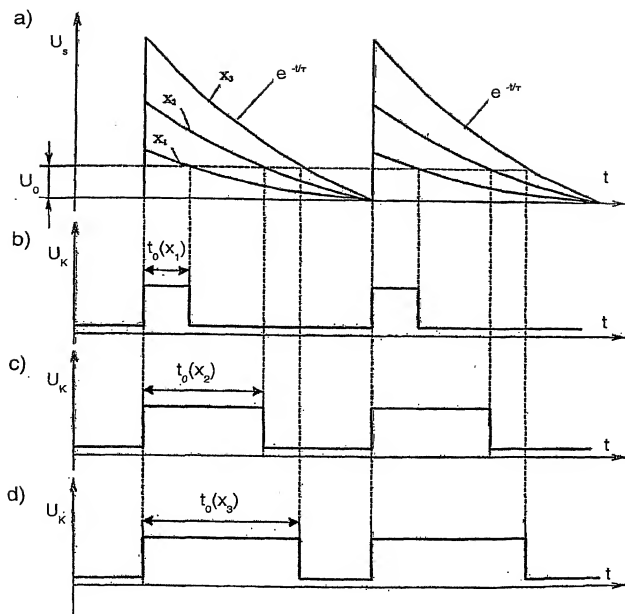


Fig. 4

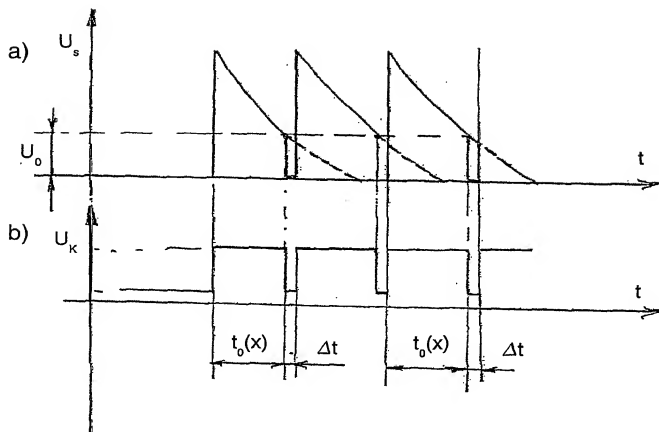


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte nat Application No
PC1/UE 01/03965

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F01L9/04 G01D5/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01L G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passage	Relevant to claim No.
A	WO 98 04886 A (MICRO EPSILON MESSTECHNIK ;MEDNIKOV FELIX (RU)) 5 February 1998 (1998-02-05) abstract; figures	1,27,32
A	GB 2 287 542 A (FMC CORP) 20 September 1995 (1995-09-20) abstract; figures	1,27

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the International filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

I later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

YY document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

S document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

15 March 2002

Date of mailing of the International search report

25/03/2002

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ramboer, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. nat. Application No
PCT/DE 01/03965

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9804886	A	05-02-1998	WO 9804886 A1 EP 0916075 A1 JP 2001505651 T US 6246230 B1	05-02-1998 19-05-1999 24-04-2001 12-06-2001
GB 2287542	A	20-09-1995	AU 695997 B2 AU 1490595 A CA 2143768 A1 ES 2107948 A1 JP 7288995 A US 5841621 A	27-08-1998 28-09-1995 18-09-1995 01-12-1997 31-10-1995 24-11-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Aktenzeichen
PCT/DE 01/03965

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F01L9/04 G01D5/22

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F01L G01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 98 04886 A (MICRO EPSILON MESSTECHNIK ;MEDNIKOV FELIX (RU)) 5. Februar 1998 (1998-02-05) Zusammenfassung; Abbildungen	1,27,32
A	GB 2 287 542 A (FMC CORP) 20. September 1995 (1995-09-20) Zusammenfassung; Abbildungen	1,27

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentanträge

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung bezeugt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie auszuführen)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann herleitetbar ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. März 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

25/03/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2000, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ramboer, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte
ales Aktenzeichen
PCT/DE 01/03965

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9804886	A	05-02-1998	
		WO 9804886 A1	05-02-1998
		EP 0916075 A1	19-05-1999
		JP 2001505651 T	24-04-2001
		US 6246230 B1	12-06-2001
GB 2287542	A	20-09-1995	
		AU 695997 B2	27-08-1998
		AU 1490595 A	28-09-1995
		CA 2143768 A1	18-09-1995
		ES 2107948 A1	01-12-1997
		JP 7288995 A	31-10-1995
		US 5841621 A	24-11-1998